

УДК 621. 9. 048. 4

В.І.Носуленко, д. т. н., В.М.Шмельов, магістр.  
Кіровоградський національний технічний університет

## РОЗМІРНА ОБРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЮ ДУГОЮ РОБОЧИХ ДЕТАЛЕЙ РОЗДІЛОВИХ ШТАМПІВ СУМІЩЕНОЇ ДІЇ

*В статті описана нова конструкція роздільного штампа поєднаного дії з робочими сопряженими деталями, отриманими розмірною обробкою електричною дугою.*

*In article is described the new design of a dividing stamp of the combined action with the working interfaced details received by dimensional processing by an electric arch.*

До 70% деталей в сучасному машинобудуванні отримують із застосуванням штампування з використанням розділових операцій і, відповідно, розділових штампів. Для виготовлення листових деталей, до яких пред'являються високі вимоги по точності виготовлення, застосовують штампи суміщеної дії, що складаються з нижньої та верхньої плити, напрямних елементів, кріпильних елементів, тримачів, штовхачів, а також так званих робочих спряжених пар пуансонів, матриць, пуансон-матриць, знімачів, виштовувачів.

Вартість виготовлення штампів істотно впливає на собівартість отриманих деталей. Щоб знизити останню і, відповідно, знизити ціну кінцевого продукту, необхідно максимально продовжити термін служби штампа. Цього можна досягти шляхом збільшення зносостійкості спряжених робочих деталей штампа, зокрема, забезпечуючи оптимальну шорсткість їх робочої поверхні і забезпечення рівномірного зазору між ними.

Спряжені робочі деталі штампа звичайно отримують різними методами обробки різанням на різних верстатах, що, в свою чергу, веде до збільшення собівартості штампа та часу його виготовлення. В теперішній час для виготовлення спряжених робочих деталей штампа все частіше застосовують електроерозійні методи обробки (ЕЕО). Ці методи дозволяють знизити собівартість штампа та зменшити час його виготовлення.

Використання робочих поверхонь розділових штампів при вирубуванні та пробиванні, отриманих ЕЕО без якої-небудь наступної доробки зменшує собівартість його виготовлення, а також знижується трудомісткість його виготовлення, при цьому можливо в три-п'ять разів підвищити його зносостійкість [1, 2, 3], так наприклад стійкість розділових штампів для деталей з сталі 35 товщиною 3мм [4], пуансони і матриці яких були виготовлені за допомогою ЕЕО на режимах, що забезпечують висоту нерівностей профілю в межах  $Rz=5...15\text{мкм}$ , не нижче стійкості штампів, шорсткість поверхонь котрих робочих доведена слюсарно-механічним методом до  $Ra=0,2...0,5\text{мкм}$ .

Спосіб розмірної обробки електричною дугою (РОД) [5] порівняно з відомими методами електроерозійної обробки відрізняється високою продуктивністю, а застосування в сукупності з РОД способу керованого зносу електрод-інструменту (СКЗ ЕІ) [6] дозволяє отримувати рівномірний зазор між спряженими парами робочих деталей розділового штампа. Це забезпечує високу економічну ефективність та продуктивність виготовлення останніх.

Визначальним для стійкості розділових штампів та якості отриманих на них деталей є забезпечення рівномірного зазору та еквідистантного контуру між робочими спряженими парами, а також забезпечення їхньої співвісності.

Для кріплення пуансона і матриці до верхньої плити штампа в штампі суміщеної дії (рис.1) необхідно передбачити декілька базових поверхонь, а саме: базова поверхня між пуансоном 5 і пуансонотримачем 6, пуансонотримачем 6 і верхньою плитою штампа 1, матрицею 7 і верхньою плитою штампа 1. Кожна з зазначених деталей мають допуски на виготовлення, а базові поверхні – похибки базування. В результаті між пуансоном і матрицею утворюється неспіввісність. Як наслідок між пуансоном і пуансонотримачем та пуансонотримачем і матрицею утворюється нерівномірний штампувальний зазор, що веде до значного зниження стійкості штампа. При цьому намагання зменшити нерівномірність штампувального зазору за допомогою слюсарної доводки призводить до збільшення часу та собівартості виготовлення штампу.

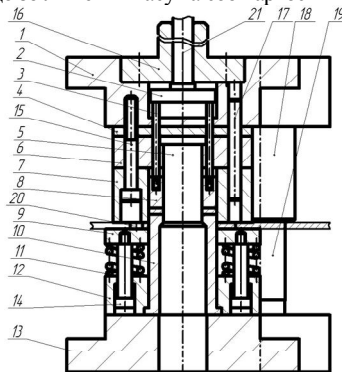


Рис. 1. Принципова схема типового штампа суміщеної дії:

1 – Верхня плита, 2 – Траверса, 3 – Штовхач, 4 – Підкладна плитка, 5 – Пуансон, 6 – Пуансонотримач, 7 – Матриця, 8 – Виштовхувач, 9 – Знімач, 10 – Пуансон-матриця, 11 – Пружина, 12 – Тримач, 13 – Нижня плита, 14 – Гвинт ступінчастий, 15 – Гвинт, 16 – Хвостовик, 17 – Штифт, 18 – Втулка напрямна, 19 – Колонка напрямна, 20 – Упор, 21 – Штовхач

З метою забезпечення необхідної стійкості застосовується спосіб РОД в сукупності з СКЗ ЕІ для виготовлення штампів суміщеної дії з моноблочними матрице-пуансонами 22 (рис. 2). В цьому штампі взамін традиційно виготовлених робочих спряжених пар розділових штампів встановлюють робочі спряжені пари виготовлені за допомогою способу СКЗ ЕІ, причому взамін пуансона 5, пуансонотримача 6, матриці 7 і підкладної плитки 4 встановлюють моноблочну матрицю-пуансон 22, яка конструктивно являє собою суцільне металеве тіло з контурами, що повторюють контури та взаємне розташування зазначених деталей в їх сукупності. Необхідності в деталі 4 немає, тому, що пуансон і матриця в моноблочній матриці-пуансоні є монолітним металевим тілом, а площа контакту між нею і верхньою плитою достатня для запобігання зминання останньої.

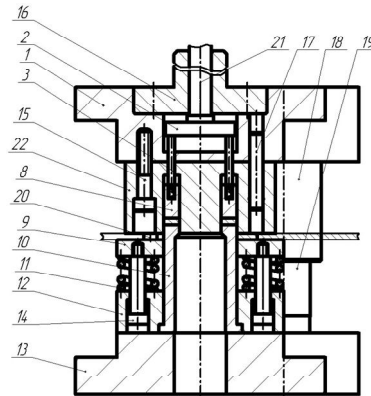


Рис. 2. Принципова схема штампів суміщеної дії з робочими деталями (7,8,9,10) отриманих за допомогою РОД:  
1 – Верхня плита, 2 – Траверса, 3 – Штовхач, 8 – Виштовхувач, 9 – Знімач, 10 – Пуансон-матриця, 11 – Пружина, 12 – Тримач, 13 – Нижня плита, 14 – Гвинт ступінчастий, 15 – Гвинт, 16 – Хвостовик, 17 – Штифт, 18 – Втулка напрямна, 19 – Колонка напрямна, 20 – Упор, 21 – Штовхач, 22 – Моноблочна матриця-пуансон.

Виготовлення робочих спряжених пар штампів суміщеної дії способом РОД в сукупності з СКЗ ЕІ відбувається в певній послідовності за декілька переходів з використанням лише одного точно виготовленого графітового електрод-інструмента, що не потребує для його виготовлення надмірних інструментів адже має невелику твердість.

Виготовлення робочих спряжених пар штампів суміщеної дії відбувається в такій послідовності:

1 перехід (рис. 3) – Виготовляють знімач 2.

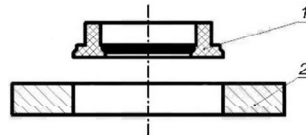


Рис.3. Перший перехід

Матеріал заготовки 2 – сталь 45, матеріал ЕІ 1 – графіт МПГ7, полярність електродів зворотна.

Математична модель продуктивності процесу має наступний вигляд, мм<sup>3</sup>/хв:

$$M = 6,41 \cdot I^{1,06} \cdot P_s^{-0,07} \quad (1)$$

Математична модель шорсткості обробленої поверхні має наступний вигляд, мкм:

$$Ra = 2,63040 \cdot I^{0,28} \cdot P_s^{-0,84} \quad (2)$$

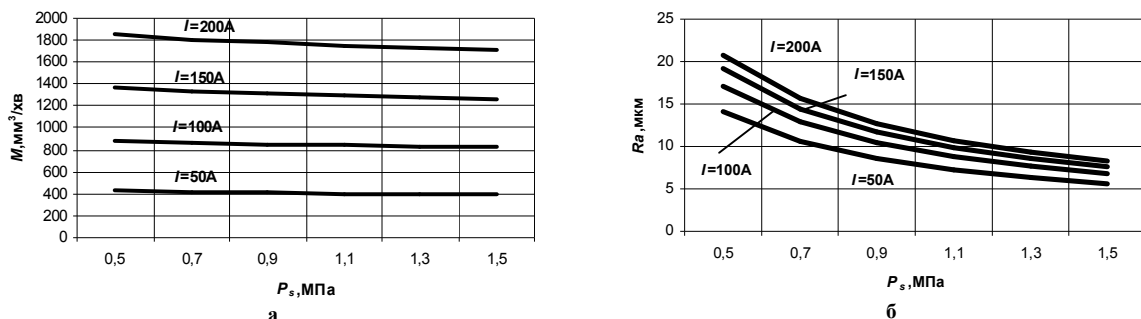


Рис.4. Продуктивність процесу  $M$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (а), шорсткість робочої поверхні  $Ra$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (б)

2 перехід (рис. 5) – Виготовляють металевий електрод-інструмент 3 та матрицю-пуансон 4.

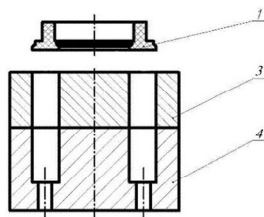


Рис.5. Другий перехід

Матеріал заготовки 3 – сталь 45, матеріал ЕІ 1 – графіт МПГ7, матеріал матриці-пуансона 4- сталь 9ХС, полярність електродів зворотна.

Математична модель продуктивності процесу має наступний вигляд, мм<sup>3</sup>/хв:

$$M = 26,73 \cdot I^{0,922} \cdot P_s^{0,442} \cdot h^{0,133} \quad (3)$$

Математична модель шорсткості обробленої поверхні має наступний вигляд, мкм:

$$Ra = 4,477 \cdot I^{0,126} \cdot P_s^{-0,362} \cdot h^{0,844} \quad (4)$$

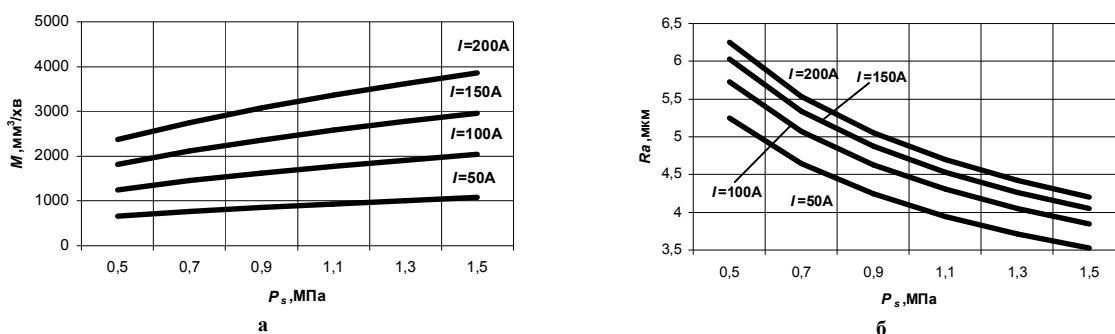


Рис.6. Продуктивність процесу  $M$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (а), шорсткість робочої поверхні  $Ra$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (б)

3 перехід (рис. 7) – Виготовляють металевий електрод-інструмент 5 для виготовлення виштовхувача.

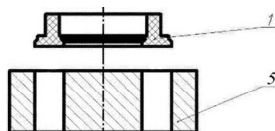


Рис.7. Третій перехід

Матеріал заготовки 5 – сталь 45, матеріал ЕІ 1 – графіт МПГ7, полярність електродів зворотна.

Математична модель продуктивності процесу має наступний вигляд, мм<sup>3</sup>/хв:

$$M = 6,41 \cdot I^{1,06} \cdot P_s^{-0,07} \quad (5)$$

Математична модель шорсткості обробленої поверхні має наступний вигляд, мкм:

$$Ra = 4,477 \cdot I^{0,126} \cdot P_s^{-0,362} \cdot h^{0,844} \quad (6)$$

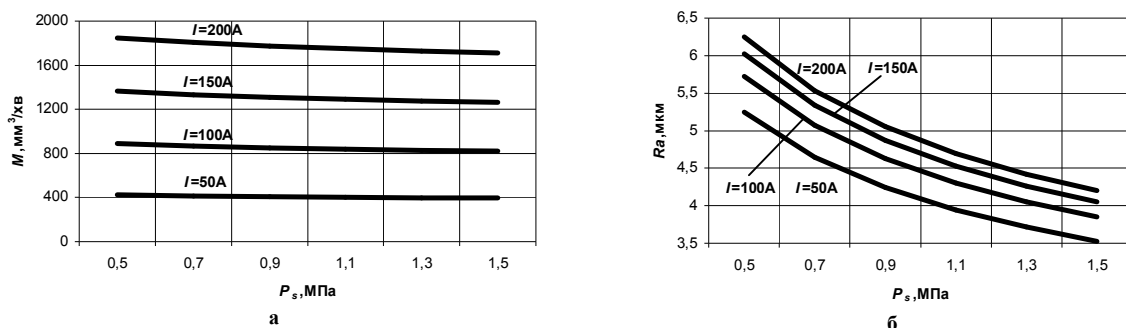


Рис.8. Продуктивність процесу  $M$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (а), шорсткість робочої поверхні  $Ra$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (б)

4 перехід (рис. 9) – Виготовляють пуансон-матрицю 6.

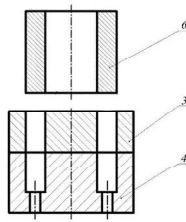


Рис.9. Четвертий перехід

Матеріал заготовки 6 – сталь У10А, матеріал ЕІ 3 – сталь 45, полярність електродів зворотна.

Математична модель продуктивності процесу має наступний вигляд, мм<sup>3</sup>/хв:

$$M = 0,536 \cdot I^{1,655} \cdot P_s^{-1,104} \quad (7)$$

Математична модель шорсткості обробленої поверхні має наступний вигляд, мкм:

$$Ra = 7,551 \cdot I^{0,091} \cdot P_s^{-0,182} \quad (8)$$

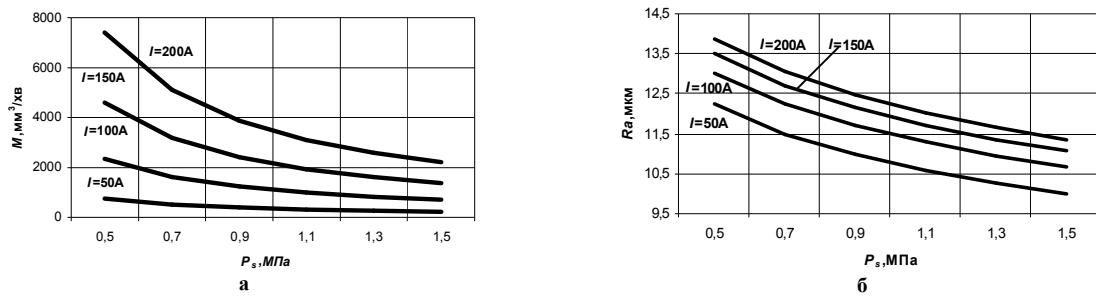


Рис.10. Продуктивність процесу  $M$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (а), шорсткість робочої поверхні  $Ra$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (б)

5 перехід (рис. 11) – Виготовляють виштовхувач 7.

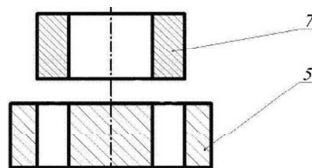


Рис.11. П'ятий перехід

Матеріал заготовки 7 – сталь 45, матеріал ЕІ 3 – сталь 45, полярність електродів зворотна.

Математична модель продуктивності процесу має наступний вигляд, мм<sup>3</sup>/хв:

$$M = 10,29 \cdot I^{1,03} \cdot P_s^{-0,04} \quad (9)$$

Математична модель шорсткості обробленої поверхні має наступний вигляд, мкм:

$$Ra = 6,194 \cdot I^{0,140} \cdot P_s^{-0,138} \quad (10)$$

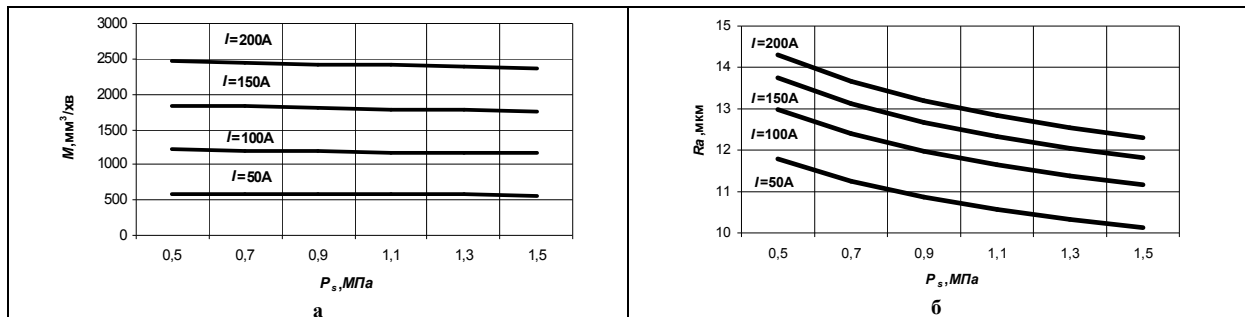


Рис.12. Продуктивність процесу  $M$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (а), шорсткість робочої поверхні  $Ra$  в залежності від струму  $I$  та статичного тиску робочої рідини  $P_s$  (б)

Запропонована технологія виготовлення штампів суміщеної дії з моноблочними матрице-пуансонами покращує співвідношення штампів порівняно з традиційними конструкціями і технологіями виготовлення суміщених штампів і забезпечує такі переваги:

- зниження собівартості виготовлення розділових штампів суміщеної дії за рахунок того, що для виготовлення робочих спряжених пар штампів суміщеної дії необхідно лише один точно виготовлений графітовий електрод-інструмент, а також відсутня слюсарна доводка;

- менша кількість деталей штампа (відсутні пуансонотримач, підкладна плитка (рис. 1, рис. 2)); як наслідок зменшується висота штампа і з'являється можливість використання штампувального обладнання меншого за розмірами та зусиллям, а отже менші затрати енергоресурсів, необхідна менша площа під обладнання, дешевше обладнання, менші витрати на виготовлення штампа;

- виготовлення спряжених пар робочих деталей розділових штампів за допомогою електроерозійної обробки сприяє підвищенню точності та стійкості штампа;

- зменшення висоти штампа дозволяє зменшити висоту напрямних колонок, що сприяє підвищенню точності і стійкості штампа (рис. 1, рис. 2). При однаковому бічному зусиллі і різній довжині напрямних колонок зменшення верхньої плити штампа відносно нижньої зменшується.

Для розрахунку графітового ЕІ (рис. 12) використовується технологічна схема формоутворення спряженої пари [7], коли використовують факт зносу графітового електрод-інструмента (ЕІ).

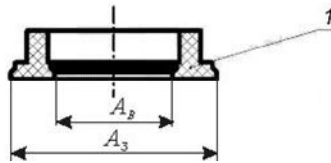


Рис.12. Графітовий ЕІ

Розрахунок графітового ЕІ необхідно вести з урахуванням необхідності виготовлення не лише матриці-пуансона та металевго ЕІ для пуансон-матриці а і для виготовлення металевго ЕІ для виштовхувача, та виготовлення знімача. Також необхідно враховувати, що при виготовленні знімача обробка ведеться лише зовнішнім контуром графітового ЕІ, тобто його внутрішній контур не зношується.

Отже, розмір графітового ЕІ буде дорівнювати:

- для зовнішнього контуру

$$A_3 = P_{МП}^3 + \gamma_{MEI}^6 + \gamma_3 \quad (5)$$

де  $P_{МП}^3$  - зовнішній початковий розмір графітового ЕІ для виготовлення матриці-пуансона,  $\gamma_{MEI}^6$  - величина лінійного зносу графітового ЕІ при виготовленні внутрішнього контуру металевго ЕІ,  $\gamma_3$  - величина лінійного зносу графітового ЕІ при виготовленні знімача;

- для внутрішнього контуру

$$A_6 = P_{МП}^6 - \gamma_{MEI}^3 \quad (6)$$

де  $P_{МП}^6$  - внутрішній початковий розмір графітового ЕІ для виготовлення матриці-пуансона,  $\gamma_{MEI}^3$  - величина лінійного зносу графітового ЕІ при виготовленні зовнішнього контуру металевго ЕІ.

## Висновки

1. За умови використання одного точно виготовленого графітового ЕІ є можливим виготовити комплект робочих спряжених пар розділового штампа суміщеної дії із забезпеченням необхідної якості і точності виготовлення останніх.

2. Спрощується конструкція розділового штампа суміщеної дії за рахунок встановлення взамін пуансона, матриці, пуансон тримача, підкладної плитки лише однієї суцільної матриці-пуансона, яка конструктивно являє собою суцільне металеве тіло з контурами, що повторюють контури та взаємне розташування зазначених деталей в їх сукупності.

3. Спосіб РОД в сукупності з СКЗ ЕІ забезпечує підвищення продуктивності виготовлення робочих спряжених пар розділового штампа суміщеної дії в 5-10 разів.

## Список літератури

1. Артамонов Б.А., Волков Ю.С., Дроздасова В.И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов - М.: Высш.шк., 1983.
2. Синяговский А.Ф., Определение начальной эксплуатационной шероховатости поверхности разделительных штампов при электроэрозионном изготовлении. "Электрофизические и электрохимические методы обработки": Научно-технический реферативный сборник, - М: НИИмаш. 1983 №4.
3. Синяговский А.Ф., Кравец А.Д., Э.Д.Браун. Научно-технический реферативный сборник "Электрофизические и электрохимические методы обработки" М: НИИмаш. 1981, №7.
4. Фотеев Н. К. Технология электроэрозионной обработки. - М.: Машиностроение, 1980, 184 с. ил. - (Б-ка технолога).
5. Носуленко В. І. Розмірна обробка металів електричною дугою: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.03.07. /Кіровоградський держ. техн. ун-т. - К., 1998. - 32 с.
6. Пат. 29603 Україна, МПК(2006) B23H 1/00. Спосіб електроерозійної обробки робочих спряжених пар штампів суміщеної дії / В.І.Носуленко, В.М.Шмельов, П.М.Великий, О.С.Чумаченко (Україна). - №U200704716; Заявл.27.04.2007; Опубл. 25.01.2008.
7. Пат. 353511 А Україна, МПК BН23Н 9/12, B23Н 1/00. Спосіб одержання спряжених пар робочих деталей розділових штампів. / В. І. Носуленко, І. А. Гросул, О. С. Чумаченко (Україна). - №99095322; Заявл. 28.09.99; Опубл. 15.03.2001, Бюл. №2.